

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. August 2002 (01.08.2002)

PCT

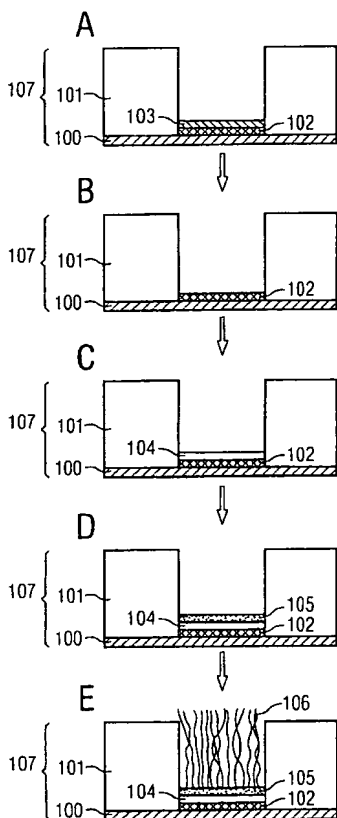
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/059392 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C23C 16/26**, (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).
16/02, C01B 31/02, H01L 21/3205
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/00194**
- (22) Internationales Anmeldedatum: **22. Januar 2002 (22.01.2002)**
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität: **101 03 340.0** **25. Januar 2001 (25.01.2001)** **DE**
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KREUPL, Franz** [DE/DE]; Müllerstr. 43, 80469 München (DE). **HÖNLEIN, Wolfgang** [DE/DE]; Parkstr. 8a, 82008 Unterhaching (DE).
- (74) **Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER;** Steinsdorfstrasse 6, 80538 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (national): JP, US.**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR GROWING CARBON NANOTUBES ABOVE A BASE THAT IS TO BE ELECTRICALLY CONTACTED AND A COMPONENT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM WACHSEN VON KOHLENSTOFF-NANORÖHREN OBERHALB EINER ELEKTRISCH ZU KONTAKTIERENDEN UNTERLAGE SOWIE BAUELEMENT



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for growing carbon nanotubes above a base that is to be electrically contacted. According to said method, at least one metal, which is catalytically active in the growth of carbon nanotubes is applied above the predetermined area of the base that is to be contacted, by means of an electrodeless deposition method and carbon nanotubes are grown on the catalytically active metal.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren oberhalb einer elektrisch zu kontaktierenden Unterlage, - bei dem zumindest ein für den Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren katalytisch aktives Metall oberhalb des vorgegebenen Bereichs der zu kontaktierenden Unterlage mittels eines elektrolosen Abscheideverfahrens aufgebracht wird, und - bei dem Kohlenstoff-Nanoröhren auf dem katalytisch aktiven Metall gewachsen werden.

WO 02/059392 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Beschreibung**Verfahren zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren oberhalb einer elektrisch zu kontaktierenden Unterlage sowie Bauelement**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren oberhalb einer elektrisch zu kontaktierenden Unterlage sowie ein Bauelement.

10 Um die hohe elektrische Leitfähigkeit von Kohlenstoff-Nanoröhren zum Beispiel bei der Anwendung solcher Kohlenstoff-Nanoröhren als Via-Interconnect in der Mikroelektronik auszunützen, müssen auf die zu kontaktierende Unterlage eines mikroelektronischen Schaltkreises, welche in den meisten
15 Fällen eine Leiterbahn ist, metallische Katalysatoren aufgebracht werden, so dass auf diesen mit Hilfe von beispielsweise einer Abscheidung aus der Gasphase (CVD-Verfahren) Kohlenstoff-Nanoröhren aufgewachsen werden können. Hierzu muss die zu kontaktierende Unterlage durch eine
20 Bedeckung der Oberfläche der Unterlage mit einem Katalysatormaterial während oder vor der Strukturierung versehen werden, das geeignet ist, um das Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren zu katalysieren.

25 Es gibt im Stand der Technik einige bekannte Verfahren zum Versehen der Oberfläche einer zu kontaktierenden Unterlage eines mikroelektronischen Schaltkreises mit einem Metall. Diese bekannte Verfahren sind jedoch meist mit erheblichen Nachteilen verbunden, die entweder das Aufbringen und/oder das
30 anschließende Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren erschweren.

Bei einer Damascene-Strukturierung muss zum Beispiel die Abscheidung des Materials der zu kontaktierenden Unterlage des

mikroelektronischen Schaltkreises so gestoppt werden, dass nach dem Abscheiden des Katalysatormaterials sowie nach dem CMP-Strukturierungsverfahren (CMP = Chemical Mechanical Polishing) noch genügend oder ausreichend Katalysatormaterial auf der Oberfläche der zu kontaktierenden Unterlage zurückbleibt, um ein katalytisches Aufwachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren zu bewirken.

Wird die Trockenätz-Technik zum Strukturieren einer zu kontaktierenden Unterlage eines mikroelektronischen Schaltkreises verwendet, so wird beim anschließenden Veraschen des Lacks die Katalysatoroberfläche oxidiert und somit unbrauchbar gemacht.

Weiterhin könnte durch einfaches Aufsputtern oder Aufdampfen des Katalysatormaterials dieses Katalysatormaterial auf die zu kontaktierende Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises abgeschieden werden. Dadurch wird jedoch die ganze Oberfläche des mikroelektronischen Schaltkreises, d.h. nicht nur die Oberfläche der zu kontaktierenden Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises mit Katalysatormaterial bedeckt. Des weiteren bekommt man hierdurch eine Bedeckung der Via-Seitenwände, so dass bei dem anschließenden Aufwachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren diese überall, d.h. nicht nur auf den als zu kontaktierende Unterlage anzusehenden Via-Boden mit seiner Leiterbahn, aufwachsen.

Wird das Katalysatormaterial auf die zu kontaktierende Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises galvanisch aufgebracht, so muss jede einzelne zu kontaktierende Unterlage mit einer Elektrode kontaktiert werden, um dann in einem Elektrolyten durch Stromfluß diese zu kontaktierende Unterlage mit Katalysatormaterial zu bedecken. Dieses Verfahren ist an

sich zeit- und kostenaufwendig und erschwert das Herstellungsverfahren erheblich.

Ferner ist in [1] ein Niedertemperatur-Verfahren zum
5 Synthetisieren von Kohlenstoff-Nanoröhren unter Verwendung eines Abscheideverfahrens aus der Gasphase (Chemical Vapour Deposition-Verfahren, CVD-Verfahren) beschrieben.

Aus [2] ist ein Feldemitter mit einer Schicht aus Kohlenstoff-
10 Nanoröhren bekannt, welcher eine hohe Stromdichte selbst bei einer niedrigen elektrischen Spannung bereitstellt.

Andere Feldemitter-Vorrichtungen mit Kohlenstoff-Nanoröhren sind in [3], [4] und [5] beschrieben.

15 Gemäß [2], [3], [4] und [5] werden die Kohlenstoff-Nanoröhren ebenfalls unter Verwendung eines CVD-Verfahrens gebildet.

Somit liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein
20 verbessertes Verfahren zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren auf einer zu kontaktierenden Unterlage bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch Bereitstellen eines Verfahrens zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren oberhalb
25 eines vorgegebenen Bereichs einer zu kontaktierenden Unterlage,

- bei dem zumindest ein für den Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren katalytisch aktives Metall oberhalb des vorgegebenen Bereichs der zu kontaktierenden Unterlage
30 mittels eines elektrolosen Abscheideverfahrens aufgebracht wird, und
- bei dem Kohlenstoff-Nanoröhren auf dem katalytisch aktiven Metall gewachsen werden.

Das Problem wird weiterhin durch ein Bauelement gelöst, das Kohlenstoff-Nanoröhren, die gemäß dem obenstehenden erfindungsgemäßen Verfahren gewachsen sind, aufweist.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren bringt gegenüber dem Stand der Technik einige wichtige Vorteile mit sich.

Zum Beispiel kann im Gegensatz zum Damascene-Verfahren eine zu kontaktierende Unterlage eines mikroelektronischen Schaltkreises, beispielsweise eine Leiterbahn eines mikroelektronischen Schaltkreises, die am Boden eines geätzten Vias liegt, noch vor dem Aufbringen des für den Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren katalytisch aktiven Metalls, fertig hergestellt werden (einschließlich CMP-
10 Strukturierungsverfahren), ohne das Herstellungsverfahren zwischenzeitlich noch vor dem Aufbringen des katalytisch aktiven Metalls unterbrechen zu müssen.
15

Weiterhin kann beim erfindungsgemäßen Verfahren von einem anschließenden Veraschungsschritt abgesehen werden, so dass das aufgebrachte, katalytisch aktive Metall nicht durch Oxidation beschädigt und unbrauchbar gemacht wird.
20

Ein weiterer, sehr wichtiger Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik ist darin zu sehen, dass bei ihm das katalytisch aktive Metall ausschließlich an denjenigen Stellen aufgebracht wird, auf denen es zum späteren Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren erforderlich ist. Dies steht im deutlichen Gegensatz zu herkömmlichen Aufsputter- oder Aufdampfverfahren, bei dem das aufzubringende
25 katalytische Metall nicht nur auf die zu kontaktierende Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises, sondern auf die gesamte Oberfläche der zu kontaktierenden Unterlage
30

5

enthaltenden, mikroelektronischen Schaltkreises aufgebracht wird.

Des weiteren sind beim erfindungsgemäßen Verfahren keine
5 Elektroden erforderlich, da das erfindungsgemäße Verfahren auf einen inneren statt auf einen von außen eingespeisten Stromfluß beruht.

Schließlich ermöglicht das chemische Abscheiden in Kombination
10 Zusammenhang mit dem Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren, dass eine sehr gleichmäßige Dicke der aufzubringenden Schicht aus katalytisch aktivem Metall erzielt werden kann. Des weiteren kann diese Dicke an sich in einfacher Weise durch Einstellen der Konzentration des katalytisch aktiven Metalls bzw. des
15 Vorläufers des katalytisch aktiven Metalls in der Lösung und/oder durch Einstellen der Reaktionszeit den Anforderungen des Einzelfalls angepasst werden. So wird gegenüber dem Stand der Technik gewährleistet, dass das zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren vorgesehene, katalytisch aktive Metall
20 in einer diesem Zweck dienlichen Dicke und Beschaffenheit oberhalb des zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren vorgesehenen Bereichs aufgebracht werden kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird zunächst
25 eine erste Schicht direkt auf den vorgegebenen Bereich der zu kontaktierenden Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises abgeschieden und anschließend eine zweite Schicht mit dem katalytisch aktiven Metall direkt auf die erste Schicht abgeschieden. Vorzugsweise weist die erste
30 Schicht Metallatome auf, und kann für den Fall, dass die zweite Schicht mit dem katalytisch aktiven Metall schlecht auf der zu kontaktierenden Unterlage haftet, diese Haftung fördern. In diesem Fall ist es erforderlich, dass die erste

6

Schicht, die direkt auf den vorgegebenen Bereich der zu kontaktierenden Unterlage abgeschieden wird, elektrisch leitfähig ist. Zu diesem Zweck weist diese erste Schicht vorzugsweise Metallatome auf.

5

Erfindungsgemäß kann das Wachsen der Kohlenstoff-Nanoröhren auf dem katalytisch aktiven Metall oberhalb des vorgegebenen Bereichs der zu kontaktierenden Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises mittels eines Abscheideverfahrens aus der Gasphase erfolgen.

10

Wie oben bereits angedeutet kann beim erfindungsgemäßen Verfahren die zu kontaktierende Unterlage eine Leiterbahn eines mikroelektronischen Schaltkreises sein. Diese Leiterbahn kann an sich Kupfer oder Aluminium aufweisen.

15

Zum Fördern sowohl der Haftung als auch des elektrischen Kontakts zwischen der ersten Schicht, die direkt auf der zu kontaktierenden Unterlage liegt, und der zu kontaktierenden Unterlage selbst kann vor dem Aufbringen der ersten Schicht auf die zu kontaktierende Unterlage eventuell vorhandenes Metalloxid auf der Oberfläche der zu kontaktierenden Unterlage entfernt werden. Ein solches Entfernen kann erfindungsgemäß beispielsweise mit Wasserstoffplasma, d.h. reduzierend, oder mit Säure erfolgen.

20

25

Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht die erste Schicht, die direkt auf den vorgegebenen Bereich der zu kontaktierenden Unterlage des mikroelektronischen Schaltkreises abgeschieden wird, aus PdCl_2 . Diese Schicht aus PdCl_2 kann beispielsweise dadurch aufgebracht werden, indem eine wässrige Lösung mit etwa:

30

- 0,25 g/l bis etwa 12,5 g/l PdCl_2 ,

7

- etwa 0,25 bis etwa 12,5 Vol.-%, 36% HCl und
 - etwa 0 bis 20 Vol.-% Glyzerin/Ethanol
- in Kontakt mit dem vorgegebenen Bereich der zu kontaktierenden Unterlage gebracht wird und anschließend mit 10 Vol.-% HCl und
- 5 anschließend nochmals mit Wasser gespült wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die zweite Metallschicht, die direkt auf der ersten Schicht aufgebracht wird, aus Nickel bestehen. Nickel

10 ist in diesem Fall das zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren katalytisch aktive Metall. Das Nickel kann auf die erste Schicht aufgebracht werden, indem eine wässrige Lösung mit

- etwa 45 g/l NiCl_2 ,
- etwa 11 g/l NaOCl ,
- 15 • etwa 100 g/l Natriumcitrat und
- etwa 50 g/l Ammoniumchlorid

in Kontakt mit der ersten Schicht gebracht wird und anschließend mit H_2O gespült wird. Hier ist das Natriumcitrat als das reduzierende Mittel anzusehen, das das NiCl_2 noch in

20 der Lösung in die Reinmetallform reduziert, so dass dieses in Reinmetallform auf die erste Schicht abscheidet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren dargestellt und wird im Weiteren näher erläutert.

25 Es zeigen

Figuren 1a bis 1e in schematischer Weise den Ablauf eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens

30 mit einem im Querschnitt dargestellten Ausschnitts eines mikroelektronischen Schaltkreises.

8

Fig.1a zeigt einen Querschnitt eines Ausschnitts eines mikroelektronischen Schaltkreises 107. Der mikroelektronische Schaltkreis 107 weist ein Substrat 100, eine Dielektrikumschicht 101 und eine als zu kontaktierende Unterlage zu verstehende Leiterbahn 102 auf. Bei dem Fertigungszustand des mikroelektronischen Schaltkreises 107 in **Fig.1a** ist der Bereich des Dielektrikums 101, der oberhalb der Leiterbahn 102 liegt, beispielsweise mittels eines photolithographischen Ätzverfahrens bereits entfernt worden (dieser Schritt ist dem gezeigten Verfahrensablauf vorgeschaltet und ist an sich nicht gezeigt). Des weiteren existiert auf der Oberfläche der Leiterbahn 102 in **Fig.1a** eine Metalloxidschicht 103, die aus dem Oxid des Metalls der Leiterbahn 102 gebildet ist.

Fig.1b zeigt den Fertigungszustand des mikroelektronischen Schaltkreises 107, nachdem die Metalloxidschicht 103 oberhalb der Leiterbahn 102 entfernt worden ist. Dieses Entfernen kann beispielsweise unter stark reduzierenden Bedingungen erfolgen. Hierzu ist die Behandlung des mikroelektronischen Schaltkreises mit Wasserstoffplasma oder mit Säure, beispielsweise Mineralsäure, zum Entfernen der Oxidschicht 103 auf der Leiterbahn 102 geeignet.

Fig.1c zeigt den Fertigungszustand des mikroelektronischen Schaltkreises 107, nachdem eine erste, als Primerschicht anzusehende Schicht 104 direkt auf der Leiterbahn 102 aufgebracht ist. Vorzugsweise besteht diese erste Schicht 104 auf der Leiterbahn 102 in diesem Ausführungsbeispiel aus PdCl_2 . Die erste Schicht 104 kann durch Inkontaktbringen einer wässrigen Lösung enthaltend

- etwa 0,25 g/l bis etwa 12,5 g/l PdCl_2 ,
- etwa 0,25 bis etwa 12,5 Vol.-%, 36% HCl und

- etwa 0 bis etwa 20 Vol.-% Glyzerin/Ethanol mit der zu kontaktierenden Leiterbahn 102 und durch anschließendes Spülen mit 10 Vol.-% HCl und nochmaligem Spülen mit Wasser erfolgen.

5

Fig.1d zeigt den Fertigungszustand des mikroelektronischen Schaltkreises 107, nachdem direkt auf die erste Schicht 104 eine zweite Schicht 105 mit dem katalytisch aktiven Metall aufgebracht worden ist. Vorzugsweise besteht diese zweite Schicht 105 aus Nickel, das zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren als katalytisch aktives Metall funktionieren kann. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die zweite Schicht 105 aus Nickel direkt auf der ersten Schicht 104 aus PdCl₂ durch Inkontaktbringen einer wässrigen Lösung enthaltend

15

- etwa 45 g/l NiCl₂,
- etwa 11 g/l NaOCl,
- etwa 100 g/l Natriumcitrat und
- etwa 50 g/l Ammoniumchlorid

20

mit der ersten Schicht 104 aus PdCl₂ und durch anschließendes Spülen mit H₂O aufgebracht werden. Das in der letztgenannten Lösung vorhandene NiCl₂ wird noch in der Lösung durch das Natriumcitrat zur Reinmetallform reduziert (Ni⁰), und das Nickel in Reinmetallform scheidet dann auf die erste Schicht 104 PdCl₂ ab.

25

Fig.1e zeigt den Fertigungsstand des mikroelektronischen Schaltkreises 107, bei welchem Kohlenstoff-Nanoröhren 106 auf der Oberfläche des katalytisch aktiven Metalls 105 gewachsen worden sind. Aufgrund der Tatsache, dass das katalytisch aktive Metall der zweiten Schicht 105, in diesem Ausführungsbeispiel Nickel, sich nur oberhalb der zu

30

10

kontaktierenden Leiterbahn 102 befindet, wachsen nur in diesem Bereich Kohlenstoff-Nanoröhren auf. So ermöglicht dieses Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung im Endeffekt ein gezieltes Aufbringen von Kohlenstoff-Nanoröhren 106 auf
5 einen bestimmten Bereich eines mikroelektronischen Schaltkreises 107, während alle anderen, nicht vorgegebenen Bereiche des mikroelektronischen Schaltkreises 107 von den Kohlenstoff-Nanoröhren 106 frei bleiben. Im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung ist es
10 bevorzugt, dass die Kohlenstoff-Nanoröhren 106 mittels eines Abscheideverfahrens aus der Gasphase (CVD-Verfahren) gewachsen werden.

In einem weiteren, den Schritt in **Fig.1e** anschließenden
15 Schritt ist es dann möglich, die Kohlenstoff-Nanoröhren 106 mit einem weiteren leitenden Körper in Kontakt zu bringen, um diesen weiteren leitenden Körper mit der Leiterbahn 102 über die Kohlenstoff-Nanoröhren 106, die zweite Schicht 105 aus Nickel und die erste Schicht 104 aus PdCl₂ elektrisch zu
20 kontaktieren.

Es ist anzumerken, dass für die Beschaffenheit der zweiten Schicht mit katalytisch aktivem Metall alle Metalle möglich sind, die im Stande sind, den Wachstum von Kohlenstoff-
25 Nanoröhren zu katalysieren und die sich mittels eines elektrolosen Abscheideverfahrens abscheiden lassen.

11

In diesem Dokument sind folgende Veröffentlichungen zitiert:

[1] EP 1 061 041 A1

5 [2] EP 1 061 544 A1

[3] US 5,973,444 A

[4] US 6,062,931 A

10

[5] US 5,726,524

Bezugszeichenliste

- 100 Substrat
- 101 Dielektrikumschicht
- 102 Leiterbahn aus Metall 1 (zu kontaktierende Unterlage
eines mikroelektronischen Schaltkreises)
- 103 Oxid des Metalls 1
- 104 Primerschicht
- 105 katalytisches Metall 2
- 106 Kohlenstoff-Nanoröhren, gewachsen auf dem katalytischen
Metall 2
- 107 Ausschnitt eines mikroelektronischen Schaltkreises

Ansprüche

1. Verfahren zum Wachsen von Kohlenstoff-Nanoröhren oberhalb einer elektrisch zu kontaktierenden Unterlage

- 5 • bei dem zumindest ein für den Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren katalytisch aktives Metall oberhalb der elektrisch zu kontaktierenden Unterlage mittels eines elektrolosen Abscheideverfahrens aufgebracht wird, und
- 10 • bei dem Kohlenstoff-Nanoröhren auf dem katalytisch aktiven Metall gewachsen werden.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1,

- bei dem eine erste Schicht direkt auf die elektrisch zu kontaktierende Unterlage abgeschieden wird und
- 15 • bei dem eine zweite Schicht mit dem katalytisch aktiven Metall direkt auf die erste Schicht abgeschieden wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2,

bei dem die erste Schicht Metallatome aufweist.

20

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,

bei dem das Wachsen der Kohlenstoff-Nanoröhren mittels eines Abscheideverfahrens aus der Gasphase erfolgt.

25 5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei dem die elektrisch zu kontaktierende Unterlage eine Leiterbahn eines mikroelektronischen Schaltkreises ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5,

30 bei dem die Leiterbahn Kupfer oder Aluminium aufweist.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6,

bei dem vor dem Aufbringen der ersten Schicht direkt auf die elektrisch zu kontaktierende Unterlage eventuell vorhandenes Metalloxid auf der Oberfläche der elektrisch zu kontaktierenden Unterlage entfernt wird.

5

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, bei dem das Entfernen des Metalloxids durch Behandeln der Oberfläche der elektrisch zu kontaktierenden Unterlage mit Wasserstoffplasma oder mit Säure erfolgt.

10

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 8, bei dem die erste Schicht aus PdCl_2 besteht.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9,

15 bei dem die erste Schicht PdCl_2 aufgebracht wird, indem

- eine wässrige Lösung mit
 - o etwa 0,25 g/l bis etwa 12,5 g/l PdCl_2 ,
 - o etwa 0,25 bis etwa 12,5 vol.% 36% HCl und
 - o etwa 0-20 vol.% Glyzerin/EtOH
- 20 in Kontakt mit der elektrisch zu kontaktierenden Unterlage gebracht wird und
- anschließend mit 10 vol.% HCl gespült wird.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 oder 10,

25 bei dem die zweite Metallschicht aus Nickel besteht.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11,

bei dem die zweite Metallschicht aus Nickel aufgebracht wird, indem

- 30 • eine wässrige Lösung mit
- o etwa 45 g/l NiCl_2 ,
 - o etwa 11 g/l NaOCl,
 - o etwa 100 g/l Natriumzitrat und

- o etwa 50 g/l Ammoniumchlorid
- in Kontakt mit der ersten Schicht gebracht wird und
- anschließend mit H₂O gespült wird.

5 13. Bauelement, das Kohlenstoff-Nanoröhren aufweist, die gemäß einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 gewachsen wurden.

1/1

FIG 1A

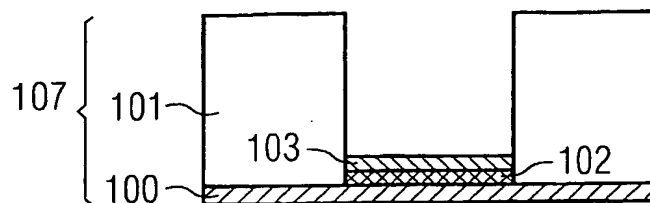


FIG 1B

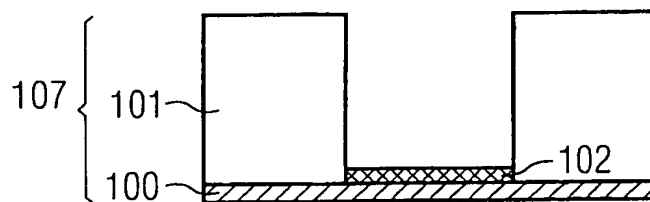


FIG 1C

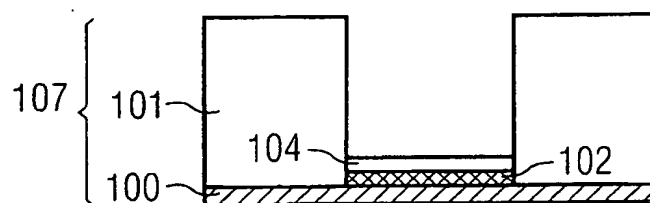


FIG 1D

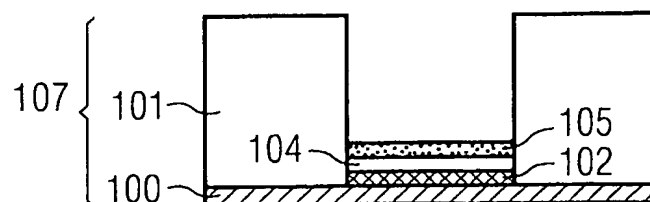
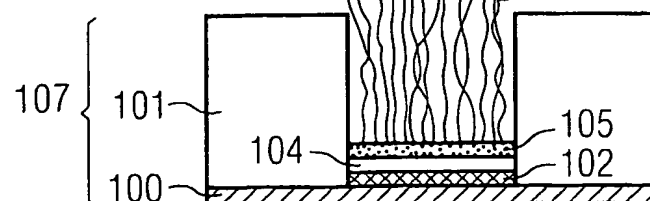


FIG 1E



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 02/00194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C23C16/26 C23C16/02 C01B31/02 H01L21/3205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C23C C01B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, COMPENDEX, EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 146 227 A (MANCEVSKI VLADIMIR) 14 November 2000 (2000-11-14)	1, 4, 13
A	column 3, line 12 - line 49; figure 1 column 8, line 35 - line 52 ---	11, 12
A	EP 1 061 544 A (ILJIN NANOTECH CO LTD ;JIN JANG (KR)) 20 December 2000 (2000-12-20) cited in the application column 5, line 5-20; claims 7-17 ---	1-13
A	US 6 129 901 A (LI JING ET AL) 10 October 2000 (2000-10-10) column 3, line 18 -column 4, line 43 --- -/--	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 May 2002

Date of mailing of the international search report

11/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Patterson, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

ernational Application No
rCT/DE 02/00194

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	<p>VAJTAI R ET AL: "Carbon nanotube network growth on palladium seeds" CURRENT TRENDS IN NANOTECHNOLOGIES: FROM MATERIALS TO SYSTEMS. SYMPOSIUM S, EMRS SPRING MEETING 2001, STRASBOURG, FRANCE, 5-8 JUNE 2001, vol. C19, no. 1-2, 2 January 2002 (2002-01-02), pages 271-274, XP002200555 Materials Science & Engineering C, Biomimetic and Supramolecular Systems, 2 Jan. 2002, Elsevier, Netherlands ISSN: 0928-4931 the whole document</p>	1,4,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/00194

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6146227	A	14-11-2000	AU 6267299 A EP 1135792 A1 WO 0019494 A1	17-04-2000 26-09-2001 06-04-2000
EP 1061544	A	20-12-2000	CN 1278104 A EP 1061544 A1 JP 2001023508 A	27-12-2000 20-12-2000 26-01-2001
US 6129901	A	10-10-2000	AU 1220799 A CA 2310065 A1 WO 9925652 A1	07-06-1999 27-05-1999 27-05-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00194

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C23C16/26 C23C16/02 C01B31/02 H01L21/3205

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C23C C01B H01L

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, COMPENDEX, EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 146 227 A (MANCEVSKI VLADIMIR) 14. November 2000 (2000-11-14)	1,4,13
A	Spalte 3, Zeile 12 - Zeile 49; Abbildung 1 Spalte 8, Zeile 35 - Zeile 52 ---	11,12
A	EP 1 061 544 A (ILJIN NANOTECH CO LTD ;JIN JANG (KR)) 20. Dezember 2000 (2000-12-20) in der Anmeldung erwähnt Spalte 5, Zeile 5-20; Ansprüche 7-17 ---	1-13
A	US 6 129 901 A (LI JING ET AL) 10. Oktober 2000 (2000-10-10) Spalte 3, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 43 --- -/-	1-13

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Mai 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/06/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5018 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Patterson, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00194

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	<p>VAJTAI R ET AL: "Carbon nanotube network growth on palladium seeds"</p> <p>CURRENT TRENDS IN NANOTECHNOLOGIES: FROM MATERIALS TO SYSTEMS. SYMPOSIUM S, EMRS SPRING MEETING 2001, STRASBOURG, FRANCE, 5-8 JUNE 2001,</p> <p>Bd. C19, Nr. 1-2,</p> <p>2. Januar 2002 (2002-01-02), Seiten 271-274, XP002200555</p> <p>Materials Science & Engineering C, Biomimetic and Supramolecular Systems, 2 Jan. 2002, Elsevier, Netherlands</p> <p>ISSN: 0928-4931</p> <p>das ganze Dokument -----</p>	1,4,13






INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

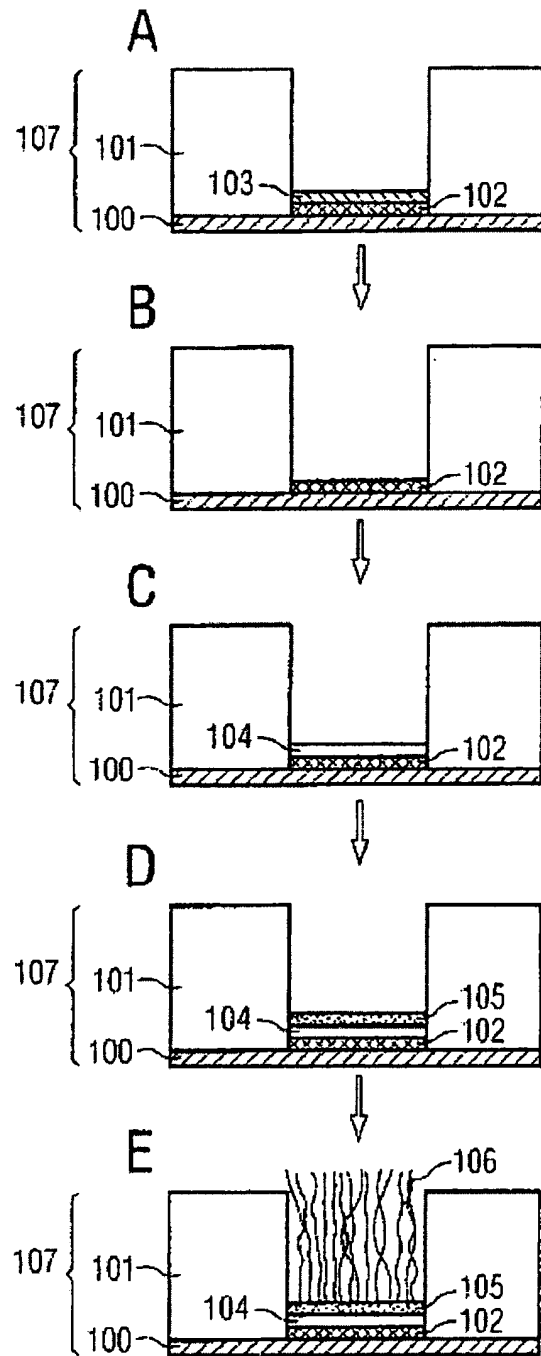
Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00194

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6146227 A	14-11-2000	AU 6267299 A EP 1135792 A1 WO 0019494 A1	17-04-2000 26-09-2001 06-04-2000
EP 1061544 A	20-12-2000	CN 1278104 A EP 1061544 A1 JP 2001023508 A	27-12-2000 20-12-2000 26-01-2001
US 6129901 A	10-10-2000	AU 1220799 A CA 2310065 A1 WO 9925652 A1	07-06-1999 27-05-1999 27-05-1999

METHOD FOR GROWING CARBON NANOTUBES ABOVE A BASE THAT IS TO BE ELECTRICALLY CONTACTED AND A COMPONENT**Publication number:** WO02059392**Publication date:** 2002-08-01**Inventor:** KREUPL FRANZ (DE); HOENLEIN WOLFGANG (DE)**Applicant:** INFINEON TECHNOLOGIES AG (DE); KREUPL FRANZ (DE); HOENLEIN WOLFGANG (DE)**Classification:****- international:** *C01B31/02; C23C16/02; C23C16/26; H01L21/288; H01L21/3205; H01L21/768; H01L23/522; C01B31/00; C23C16/02; C23C16/26; H01L21/02; H01L21/70; H01L23/52; (IPC1-7): C23C16/26; C01B31/02; C23C16/02; H01L21/3205***- european:** *C01B31/02B; C23C16/02H2; C23C16/26; H01L21/288; H01L21/3205P; H01L21/768C3; H01L21/768C4B; H01L23/522E; Y01N6/00***Application number:** WO2002DE00194 20020122**Priority number(s):** DE20011003340 20010125**Also published as:** DE10103340 (A)**Cited documents:** US6146227
 EP1061544
 US6129901
 XP002200555**Report a data error he****Abstract of WO02059392**

The invention relates to a method for growing carbon nanotubes above a base that is to be electrically contacted. According to said method, at least one metal, which is catalytically active in the growth of carbon nanotubes is applied above the predetermined area of the base that is to be contacted, by means of an electrodeless deposition method and carbon nanotubes are grown on the catalytically active metal.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide